NUOVI STUDI
DELLA
STAZIONE CHIMICO - AGRARIA SPERIMENTALE DI UDINE

PUBBLICAZIONE N. 93

MARIA VISINTINI ROMANIN

ATTIVITA' FITASICA DELLE RADICI

ISTITUTO CHIMICO AGRARIO SPERIMENTALE - GORIZIA

NUOVI STUDI
DELLA
STAZIONE CHIMICO - AGRARIA SPERIMENTALE DI UDINE

PUBBLICAZIONE N. 93

MARIA VISINTINI ROMANIN

ATTIVITA' FITASICA DELLE RADICI

ARTI GRAFICHE FRIULANE - UDINE - 1967

Le radici delle piante hanno la possibilità di provocare la liberazione di fosforo con una azione di carattere enzimatico sui legami organici del fosforo stesso.

L'attività fosfatasica delle radici è stata messa in evidenza con tecniche diverse (5) (6) (18) (19) (20) (21), mentre la sua intensità è stata generalmente determinata dalla quantità di fosforo inorganico liberato ad un dato pH e ad una data temperatura. I fattori che influenzano maggiormente l'attività fosfatasica sono infatti la temperatura e l'acidità.

Le fosfatasi risultano presenti in tutti gli organi delle piante comprese le radici (16) (17).

La fitasi, che è una fosfatasi vegetale specifica appartenente al gruppo delle idrolasi, è presente in tutti i semi ed è particolarmente abbondante nei semi dei cereali. Infatti la distribuzione della fitasi nei semi di frumento, studiata da Peers (1953) è particolarmente interessante come appare nel prospetto che segue (Pace - 15):

Frazioni	% in peso del seme intero	Attività fitasica (µg P/ hr/ mg di peso secco)
Farina integrale	100.	3.41
Endosperma	82.5	1.29
Germe	1.0	9.07
Scutello	1.5	31.80
Strati epidermici	4.5	1.32
Strato testa	3.5	4.34
Aleurone	7.0	17.70

I semi dei cereali sono inoltre ricchi in substrato per l'enzima substrato che è costituito da acido fitico (ac. inositolesafosforico) e dai suoi sali fra i quali la fitina (sale di calcio e di magnesio dell'acido inositolesafosforico) (7).

Cultrera (1937) nelle sue « Ricerche sul metabolismo fosforato dei vegetali » (3) (4), riferisce i risultati di una serie di lavori sperimentali molto interessanti.

« La fitina non è stata riscontrata nella parte aerea delle piante: la sua apparizione si ha con la formazione della spiga. Nelle tabelle riportate, per il primo ed il secondo prelievo, si è messa in forma interrogativa l'assenza della fitina, perchè sia tenuta presente la possibilità che essa esista in quantità tale da non essere rilevabile con i mezzi di cui attualmente si dispone. Da quando appare in proporzioni dosabili, si può notare il suo rapido accumulo nei semi.

I dati medi ottenuti con le tre varie colture di orzo sono i seguenti:

1° - accestimento: fitina assente;
2° - inizio spigatura: fitina assente;
3° - allegagione cariossidi: fitina % di sost. secca mg 206;
4° - a metà maturazione: » » » » » » 281;
5° - a maturazione completa: » » » » » » 333;

che riferiti ai valori medi del fosforo totale sono:

3° - fitina % di fosforo totale 48.35;
4° - » » » » » 51.46;
5° - » » » » » 67.27.

Durante la germinazione, invece si ha il processo contrario cioè una pronta elaborazione dei composti fitinici, i quali decrescono nella misura seguente:

orzo non germinato fitina % di fosforo totale 66.06;
dopo 5 giorni di germin. » » » » » 43.63;
» 10 » » » » » » » » 27.67;
» 15 » » » » » » » » 2.42.

Al 16° giorno non è stato più possibile riscontrare tracce di fitina ».

Secondo Marotta e Calò (13) la fitina, oltre che abbondante nei semi, si trova anche nelle radici e nei tuberi.

Scopo della ricerca, di cui in questa nota vengono riferiti i risultati, è precisamente quello di verificare la presenza di fitasi nelle radici di giovani piante quando presumibilmente la fitina del seme è già esaurita (Cultrera).

Abbiamo operato su radici recise di plantule di 18-21 giorni ottenute da semi, di diversa specie, germinati in acqua e in torba.

La ricerca è stata impostata su tre serie di prove di cui la prima aveva unicamente carattere indicativo di metodo per le due successive. Con le ricerche del secondo gruppo si tendeva alla valutazione di una eventuale diversità del potere di mineralizzazione enzimatica del fosforo fitinico da parte delle radici di diverse specie vegetali agrarie. Le ricerche del terzo gruppo dovevano verificare la teoria di Michaelis (1) (10) (11) (12) (22).

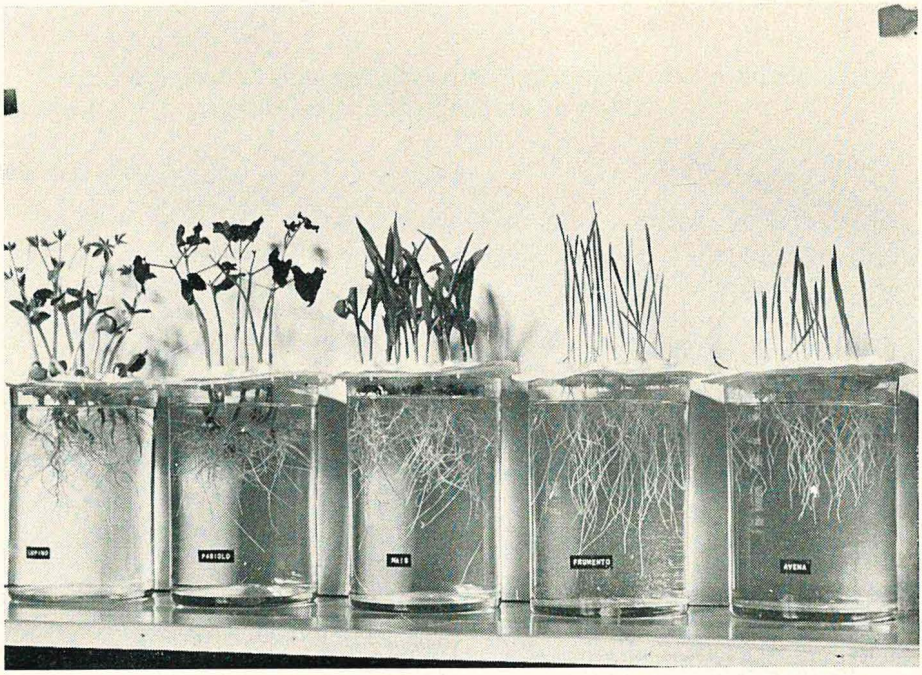


Fig. 1. Plantule di lupino, fagiolo, mais, frumento e avena sviluppate in acqua.

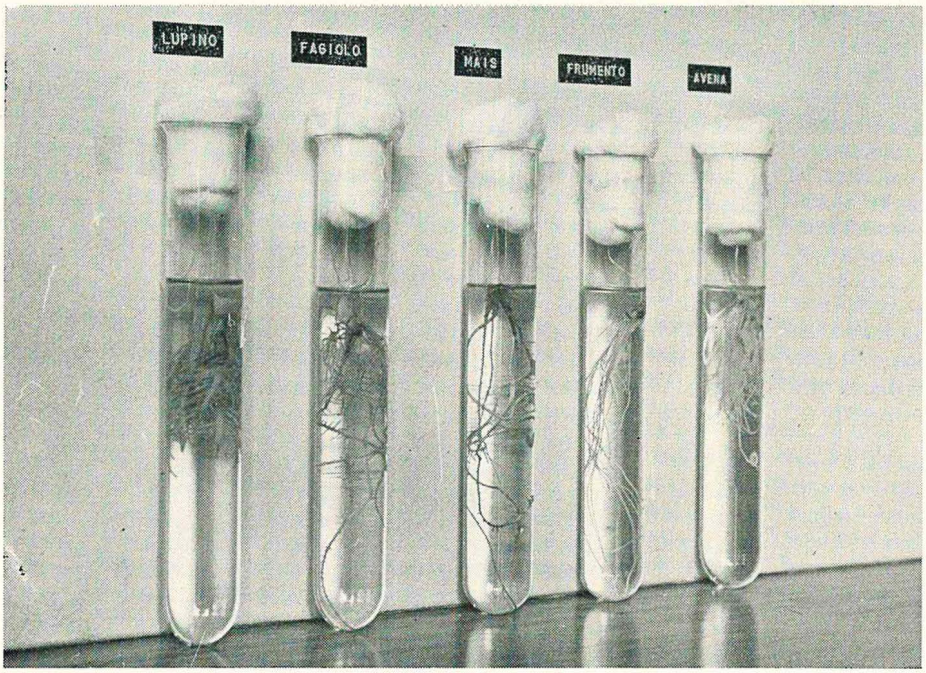


Fig. 2. Radici recise immerse in soluzioni di fitina.

Dati ottenuti nella prova di mineralizzazione del fosforo fitinico per opera di radici cresciute in acque.

Prospetto 1

	Radici			P_2O_5 prima della prova			P_2O_5 alla fine della prova					μg di P_2O_5 mineralizzata (*)							μg di P_2O_5 mineralizzata riferiti a 1 g di sostanza fresca							1 g di sost. fresca è cost. da radici N	1 g di sost. fresca contiene μg di P_2O_5		P_2O_5 uscita da 1 g di radici	P_2O_5 (**) minerale prov. da fitina (g. 1 radici)
							μg soluzione					1° giorno							1° giorno											
	N	g sost. fresca	g sost. secca	μg soluz.	μg radici	μg totale (sol.+ radici)	miner.	non miner.	totale soluz.	μg radici	μg totale (sol. + radici)	3 h	6 h	2° g 24 h	3° g 48 h	5° g	6° g	8° g	3 h	6 h	2° g	3° g 48 h	5° g	6° g	8° g		prima della prova	dopo la prova		
con toluolo:																														
Lupino	3	2.7	0.184	5100	2670	7770	6130	1410	7540	176	7716	1540	3035	5000	6380	7720	6030	6130	570	1224	1852	2363	2859	2333	2270	1.1	979	65	915	1355
Fagiolo	2	1.5	0.111	5100	1249	6349	2170	3910	6080	84	6164	655	1225	2110	2090	2540	2250	2170	437	817	1407	1393	1693	1500	1447	1.3	812	55	757	710
Mais	4	0.6	0.063	5100	814	5914	2220	3440	5660	56	5716	1070	1380	2250	2260	2570	2330	2220	1783	2300	3750	3767	4283	3917	3700	6.6	1343	92	1251	2449
Frumento	5	0.25	0.035	5100	302	5402	1300	3820	5120	88	5208	455	540	920	1050	1450	1290	1300	1820	2160	3680	4200	5800	5160	5200	20.0	1208	352	856	4344
Avena	8	0.40	0.048	5100	409	5509	1110	4330	5440	56	5496	455	525	900	980	1355	1270	1110	1137	1313	2250	2450	3386	3175	2775	20.0	1023	145	878	1897
senza toluolo:																														
Lupino	3	2.8	0.191	5100	2769	7869	6785	215	7000	708	7708	1125	2835	5505	7255	7855	7175	6785	401	1012	1966	2591	2805	2562	2423	1.1	1015	260	755	1698
Fagiolo	2	1.5	0.111	5100	1249	6349	2625	2935	5560	548	6108	680	1415	2445	2275	2685	2545	2625	453	943	1930	1517	1790	1697	1750	1.3	812	356	454	1296
Mais	4	0.7	0.074	5100	950	6050	4615	725	5340	540	5880	1055	1725	2725	3175	3755	3975	4615	1507	2664	3893	4536	5364	5678	6593	5.7	1354	770	584	6009
Frumento	5	0.25	0.035	5100	302	5402	1770	3290	5060	236	5296	415	485	935	1120	1385	1480	1770	1660	1940	3740	4480	5540	5920	7080	20.0	1208	944	264	6816
Avena	8	0.40	0.048	5100	409	5509	1885	3495	5380	252	5632	340	400	780	950	1330	1500	1885	850	1000	1950	2375	3325	3750	4712	20.0	1023	630	393	4319

Dati ottenuti nella prova di mineralizzazione del fosforo fitinico per opera di radici cresciute in torba.

Prospetto 2

	Radici			P_2O_5 prima della prova			P_2O_5 alla fine della prova					μg di P_2O_5 mineralizzata (*)							μg di P_2O_5 mineralizzata riferiti a 1 g di sostanza fresca							1 g di sost. fresca è cost. da radici N	1 g di sost. fresca contiene μg di P_2O_5		P_2O_5 uscita da (g 1 di radici)	P_2O_5 (**) minerale prov. da fitina (g. 1 di radici)
							μg soluzione					1° giorno							1° giorno											
	N	g sost. fresca	g sost. secca	μg soluz.	μg radici	μg totale (sol. + radici)	min.	non min.	totale soluz.	μg radici	μg totale (sol. + radici)	3 h	6 h	2° g 24 h	3° g 48 h	5° g	6° g	8° g	3 h	6 h	2° g 24 h	3° g 48 h	5° g	6° g	8° g		prima della prova	dopo la prova		
con toluolo:																														
Lupino	3	3.15	0.275	5100	3594	8694	7490	510	8000	428	8428	1070	1645	3910	5000	7335	7455	7490	340	522	1242	1587	2329	2367	2378	0.9	1078	128	950	1428
Fagiolo	2	2.70	0.244	5100	3229	8329	3390	4450	7840	220	8060	805	1080	2110	2580	3815	3495	3390	298	400	781	956	1415	1294	1256	0.7	1130	77	1053	203
Mais	3	2.30	0.248	5100	3022	8122	6270	770	8040	144	8184	1195	2360	3950	4780	6655	6155	6270	520	1026	1717	2078	2893	2676	2726	1.3	1310	62	1248	1478
Frumento	5	0.65	0.091	5100	702	5802	2840	2600	5440	56	5496	400	550	1300	1780	2925	2665	2840	615	846	2000	2738	4500	4100	4369	7.6	1067	85	982	3387
Avena	5	0.95	0.119	5100	871	5971	2560	3220	5780	132	5912	425	560	1125	1630	2515	2415	2560	447	589	1184	1716	2647	2542	2695	5.2	906	137	769	1927
senza toluolo:																														
Lupino	3	3.20	0.280	5100	3651	8751	7765	455	8220	700	8920	805	1490	4770	5785	8720	8390	7765	252	466	1491	1308	2725	2622	2427	0.9	1095	210	885	1542
Fagiolo	2	2.40	0.217	5100	2870	7970	3145	2135	5280	2470	7750	400	870	910	2385	3540	2950	3145	167	363	379	994	1475	1229	1310	0.8	1148	988	160	1150
Mais	3	2.60	0.280	5100	3416	8516	6025	1655	7680	760	8440	650	1470	3850	4565	5540	2670	6025	250	565	1481	1756	2431	2180	2317	1.2	1366	304	304	2013
Frumento	5	0.63	0.088	5100	680	5780	2555	3225	5780	68	5848	165	350	1000	1515	2580	2480	2555	262	556	1587	2405	4095	3937	4056	7.9	1074	107	967	3089
Avena	5	0.95	0.119	5100	871	5971	2395	3445	5840	84	5924	190	410	1225	1535	2260	2340	2395	200	432	1289	1616	2379	2463	2521	5.2	906	87	819	1702

(*) I valori di P_2O_5 ottenuti sono stati corretti sottraendo dai valori di P_2O_5 minerale trovati nelle soluzioni in presenza delle radici i valori di P_2O_5 trovati nelle soluzioni di controllo e liberati per idrolisi acida della fitina in assenza di radici (circa il 4-5% del fosforo presente).

(**) P_2O_5 fitinica mineralizzata all'8° giorno da 1 g di radici fresche, calcolata considerando tutta minerale la P_2O_5 passata nella soluzione dalle radici.

Dai provettoni mantenuti in termostato a 45° sono stati prelevati dopo 3h, 6h, 24h, 48h, 3g, 5g cc 0.5-1.0 di soluzione per la determinazione della P_2O_5 minerale.

Contemporaneamente sono state determinate le quantità di P_2O_5 minerale liberate per semplice idrolisi acida da soluzioni di fitina mantenute nelle stesse condizioni di esperienza, ma senza radici, e i valori ottenuti sono stati detratti da quelli forniti con le radici immerse. Generalmente per idrolisi chimica si libera il 4-5% della P_2O_5 fitinica presente.

Da questa prima serie di prove abbiamo ottenuto le seguenti indicazioni:

— i migliori risultati sono stati forniti dalle piantine sviluppate in acqua per 14 giorni dopo germinazione in termostato e da quelle cresciute in torba per 21 giorni.

— la liberazione di fosforo minerale è stata considerevole dopo 6 ore e i dati più elevati sono stati raggiunti dopo 48 ore.

— dopo le prime 3 ore le soluzioni con toluolo hanno sempre dato risultati più elevati che non le soluzioni senza toluolo.

— dopo 48 ore in tutti i provettoni si è verificato uno sviluppo più o meno abbondante di muffe che ha alterato i risultati: in un primo tempo è stato rilevato un abbassamento della P_2O_5 minerale e successivamente una forte liberazione di P_2O_5 minerale con innalzamento del pH, il quale ha raggiunto il valore 7,8 nel caso delle radici di lupino.

I dati ottenuti non vengono riportati perchè non è stato possibile riferirli ad un peso fresco o secco unitario essendo le radici non completamente immerse nella soluzione fitinica durante la prova.

Per le ricerche del secondo gruppo di prove abbiamo operato come segue:

— Semi di lupino, fagiolo, mais, frumento e avena sono stati sterilizzati con H_2O_2 per 20' e fatti germinare in termostato per 4 giorni. Dalle piantine sviluppate in acqua per 15 giorni (fig. 1) sono stati prelevati i campioni di radici necessari alle prove.

— Le radici delle piantine germinate e sviluppate in torba sono state prelevate dopo 21 giorni, lavate e trattate come le precedenti.

— Alcune radici pesate sono state immerse completamente in due serie di provettoni contenenti ognuno cc. 100 di una soluzione diluita di fitina (fig. 2).

— Contemporaneamente campioni di radici, costituiti dallo stesso numero prelevato per le prove in termostato, sono stati pesati per la determinazione della sostanza secca e della P_2O_5 totale.

— L'aggiunta di toluolo è stata eseguita solo in una delle due serie in ragione di cc 0.5 il primo giorno e alcune gocce i giorni successivi.

— I provettoni sono stati mantenuti in termostato a 45° e da essi sono stati prelevati cc 0.5-1.0 dopo 3 ore, 6 ore (1° giorno), 24 ore (2° giorno), 48 ore (3° giorno), 5° giorno, 6° giorno, 8° giorno per la determinazione della P_2O_5 mineralizzata. I dati ottenuti sono stati sempre corretti detraendo dalle quantità di P_2O_5 trovate le quantità di P_2O_5 minerale liberate per idrolisi chimica da soluzioni di fitina mantenute nelle condizioni di esperienza.

— Sono state inoltre eseguite le seguenti determinazioni: pH delle soluzioni all'inizio e alla fine della prova e P_2O_5 totale di tutti i campioni di soluzioni e di radici alla fine del periodo in termostato.

Prima di passare all'esame dei dati trovati si fa rilevare che nel secondo gruppo di prove si sono verificati nuovamente i seguenti fatti: a) lo sviluppo di muffe nella serie senza toluolo è risultato considerevole al 5° giorno (fig. 3) b) nella serie con toluolo i valori di P_2O_5 minerale trovati dopo 3 ore sono risultati più elevati che non nelle serie senza toluolo; c) in presenza di alcune specie di radici le quantità di P_2O_5 minerale liberate hanno superato le quantità di P_2O_5 fitinica presente nelle soluzioni.

Con una ulteriore serie di radici dei vari semi abbiamo eseguito le determinazioni necessarie a confermare i valori trovati.

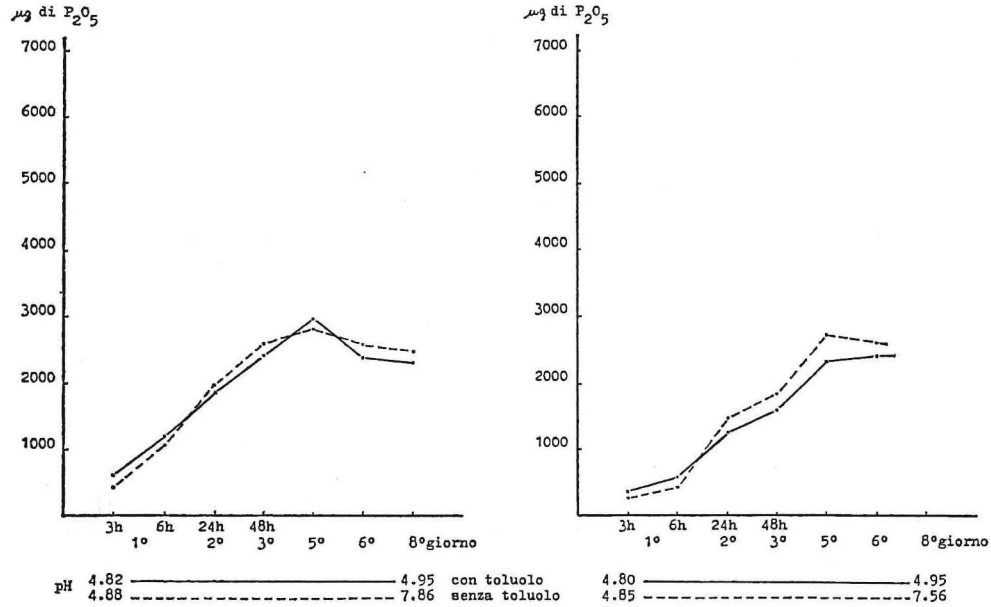
La liberazione di P_2O_5 minerale dalle radici mantenute nelle stesse condizioni di esperienza, ma senza fitina, è risultata apprezzabile dopo 3 ore, considerevole dopo 6 ore e fra le 24 e 48 ore ha raggiunto i valori massimi costituiti da: 90% (lupino), 88% (fagiolo), 40% (mais), 50% (frumento) e 30% (avena) della P_2O_5 totale presente nelle radici stesse.

Nel prospetto 1 sono riportati i seguenti dati ottenuti dalla serie di prove con radici sviluppate in acqua: numero delle radici, peso fresco, peso secco, P_2O_5 totale in μg nella soluzione fitinica e nelle radici prima della prova in termostato, P_2O_5 totale in μg nella soluzione e nelle radici alla fine della prova dopo 8 giorni in termostato, μg di P_2O_5 minerale liberata dopo 3h, 6h, 24h, 48h, 5g, 6g, 8g nelle condizioni di esperienza, μg di P_2O_5 minerale riferita a 1 g di sostanza fresca riportando inoltre il numero delle radici corrispondenti a 1 g e la P_2O_5 totale relativa a 1 g prima e dopo la prova.

Nel prospetto 2 sono riportati gli stessi dati ottenuti con le radici sviluppate in torba.

Nelle fig. 4, 5, 6 i valori di P_2O_5 liberata, espressi in μg per g di sostanza fresca, vengono messi in evidenza graficamente riportando i valori di pH ottenuti dopo 3 ore e dopo 8 giorni in termostato.

RADICI DI LUPINO



RADICI DI FAGIOLO

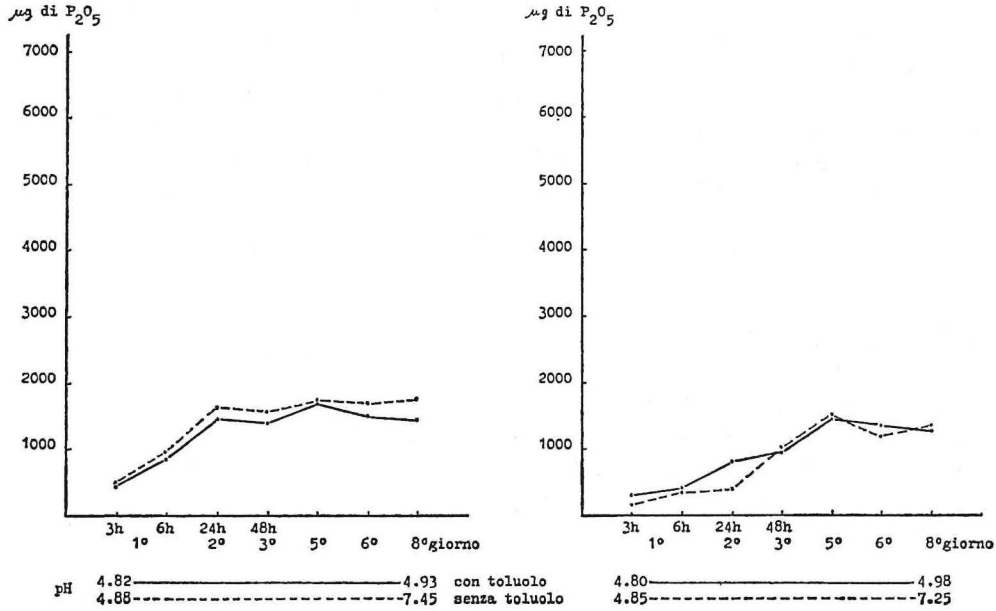
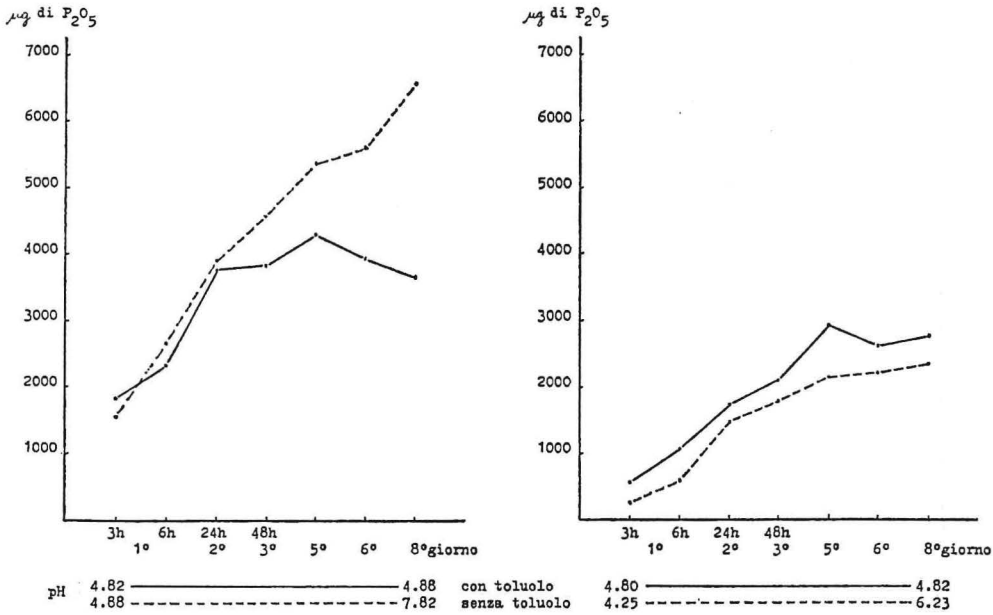


Fig. 4. Quantità di P_2O_5, espressi in µg per g di sostanza fresca, mineralizzata da radici di lupino e fagiolo sviluppate in acqua e in torba.

RADICI DI MAIS



RADICI DI FRUMENTO

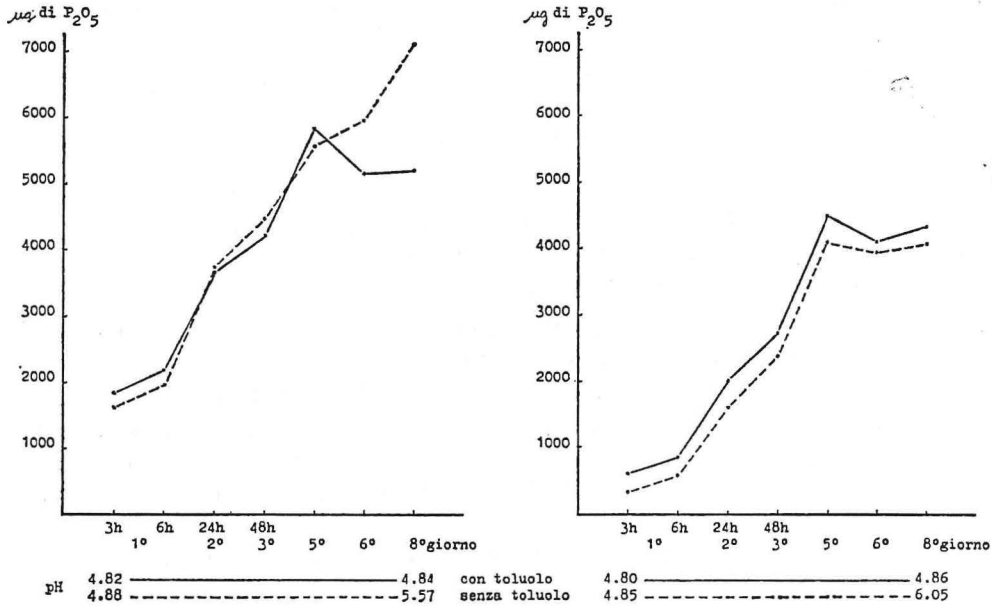


Fig. 5. Quantità di P_2O_5, espressa in µg per g di sostanza fresca, mineralizzata da radici di mais e frumento sviluppate in acqua e in torba.

Le quantità di P_2O_5 totale contenute nelle radici prima della prova sono state determinate su campioni prelevati e pesati contemporaneamente a quelli sottoposti ai trattamenti in termostato, mentre le quantità di P_2O_5 presenti nelle radici dopo la prova sono state determinate

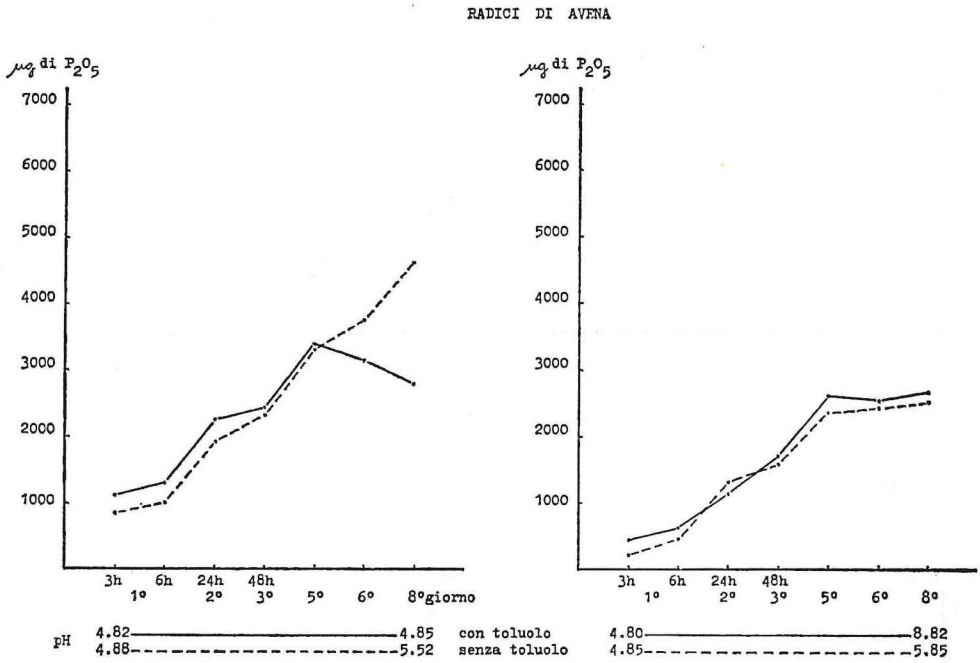


Fig. 6. Quantità di P_2O_5, espressa in ug per g di sostanza fresca, mineralizzata da radici di avena sviluppate in acqua e in torba.

sugli stessi campioni mantenuti in termostato. Questo può spiegare le differenze che abbiamo avuto in alcuni casi.

Dall'osservazione dei dati si rileva:

— La quantità di P_2O_5 totale (fitina + radici) presente nei provettoni contenenti le radici sviluppate in torba risulta più elevata che non in quelli con le radici sviluppate in acqua.

— Dai valori al 5° giorno (valori più elevati nella generalità) si deduce che 1 g di radici cresciute in acqua hanno mineralizzato una maggior quantità di P_2O_5 che 1 g di radici cresciute in torba.

— Il numero relativo a 1 g di radici sviluppate in acqua rispetto a quello delle radici in torba è risultato particolarmente elevato per le graminacee.

— Le differenze fra i dati di P_2O_5 minerale ottenuti dalle serie con toluolo e quelli dalle serie senza toluolo si accentuano dopo il 5°

giorno. Alla fine della prova i valori di P_2O_5 trovati nelle radici ricoperte di muffe sono molto elevati. In particolare sulle radici di fagiolo cresciute in torba si sono sviluppate, in assenza di toluolo, muffe ricche di fosforo come si può rilevare dal dato: 2470 μg di P_2O_5, confermato dal basso valore trovato nella soluzione.

Nell'ultima colonna dei prospetti 1 e 2 vengono riportati i dati di P_2O_5 sicuramente provenienti dalla mineralizzazione della fitina, riferiti all'azione di 1 g di radici. Essi sono stati ottenuti detraendo dalla P_2O_5 minerale trovata all'8° giorno tutta la P_2O_5 passata nella soluzione dalle radici.

Tali dati ci indicano che, a parità di peso delle radici, l'attività fitasica è più o meno elevata a seconda della specie vegetale: cresciute in acqua o in torba, fatte agire in presenza o in assenza di toluolo, le radici di frumento seguite da quelle di mais e avena hanno rivelato una attività nettamente più elevata che con le radici di lupino e fagiolo.

L'ultimo gruppo di ricerche eseguito con radici di mais è stato impostato per seguire l'andamento della reazione enzimatica in modo da verificare se viene rispettata la regola di carattere generale: tenuta fissa la quantità dell'enzima la velocità di reazione aumenta con la concentrazione del substrato fino a raggiungere un valore limite.

I dati sono stati ottenuti da tre serie di soluzioni: 1) soluzioni con dosi crescenti di fitina (substrato) contenenti radici di mais (preparato enzimatico); 2) soluzioni contenenti solamente le dosi crescenti di substrato; 3) soluzioni contenenti solo il preparato enzimatico.

Da tutte le soluzioni poste nelle stesse condizioni di temperatura (45°), di pH (4.8), di presenza attivatore (ioni Mg) sono stati prelevati dopo tempi diversi (3h, 6h, 24h, 48h) piccole aliquote sulle quali è stata determinata la P_2O_5 minerale.

Dai valori ottenuti dalle soluzioni 1) sono stati detratti i valori ricavati dalle soluzioni 2) e 3) di controllo.

Per la prova 1) nei 100 cc di soluzione erano contenuti 2,5, 5, 10, 20, 40 mg di fitina pari a 1250, 2500, 5000, 10000, 20000 μg di P_2O_5 e un ugual numero e peso di radici di mais (g 0.6) sviluppate in acqua da semi sterilizzati.

I provettoni della prova 2) contenenti solo le soluzioni di fitina in dosi crescenti venivano mantenuti nelle stesse condizioni di esperienza.

Nei provettoni della prova 3) contenenti la soluzione ac. acetica a pH 4.8 più ioni magnesio (senza substrato) veniva sospeso un ugual numero e peso (g 0.6) di radici di mais che nella prova 1). Tali radici avevano un contenuto medio di 728 μg di P_2O_5 totale.

Nel prospetto 3 sono riportate le quantità di P_2O_5 mineralizzata da g 0.6 di radici corrette delle quantità di P_2O_5 mineralizzata per semplice

Prospetto 3

P_2O_5 mineralizzata da radici di mais immerse in dosi crescenti di fitina.

	mg di fitina nei 100 cc *a*	µg di P_2O_5 nei 100 cc (*) *b*	µg di P_2O_5 mineralzz. da g 0.6 di radici (**) *c*	µg di P_2O_5 miner. lib. da 0.6 di radici in sol. ac. s. fitina *d*	µg di P_2O_5 miner. prov. dalla fitina *e*	attività fitasica in mg di fitina idrolizzata *f*	P_2O_5 miner. in % della P_2O_5 fitinica *g*
				105			
	2.5	1250	500		395	0.79	31.60
	5.0	2500	620		515	1.03	20.60
3h	10.0	5000	690		585	1.17	11.70
	20.0	10000	790		685	1.37	6.85
	40.0	20000	760		655	1.31	3.27
				176			
	2.5	1250	680		504	1.01	40.36
	5.0	2500	790		614	1.23	24.56
6h	10.0	5000	840		664	1.33	13.28
	20.0	10000	920		744	1.49	7.44
	40.0	20000	860		684	1.37	3.42
				302			
	2.5	1250	1120		818	1.64	65.44
	5.0	2500	1650		1348	2.70	53.92
24h	10.0	5000	1990		1688	3.38	33.76
	20.0	10000	2350		2048	4.10	20.48
	40.0	20000	2350		2048	4.10	10.24
				294			
	2.5	1250	1040		746	1.49	59.68
	5.0	2500	1560		1266	2.53	50.64
48h	10.0	5000	1890		1596	3.19	31.92
	20.0	10000	2210		1916	3.83	19.16
	40.0	20000	2220		1926	3.85	9.63

(*) Nella soluzione di fitina adoperata sono stati trovati in media 5000 µg di P_2O_5

(**) I valori riportati sono stati corretti detraendo la P_2O_5 minerale liberata in soluzioni di fitina mantenuta nelle condizioni di esperienza ma senza radici.

idrolisi chimica (col. c), le quantità di P_2O_5 liberate spontaneamente dalle radici (col. d) che vengono detratte dalle precedenti come appare nella col. e, l'attività fitasica in mg di fitina idrolizzata (col f) e la P_2O_5 mineralizzata in % della P_2O_5 fitinica (col g).

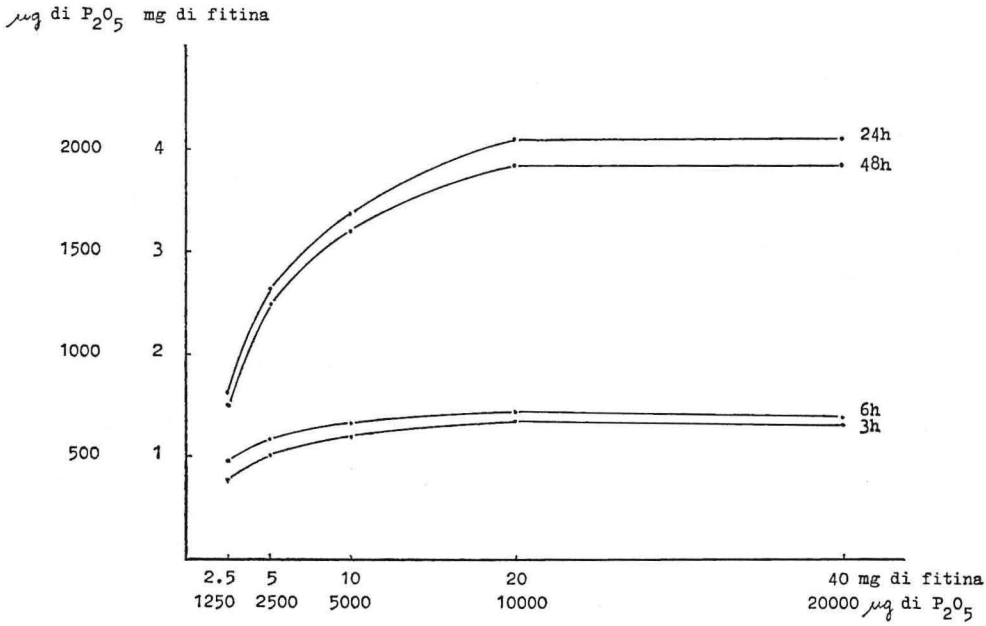


Fig. 7. Attività fitasica di g 0.6 di radici di mais su dosi crescenti di fitina (unità arbitrarie).

Nel grafico fig. 7 vengono riportate le quantità di fitina idrolizzata (espressa anche in µg di P_2O_5 minerale) in funzione della quantità di substrato dopo 3h, 6h, 24h e 48h. Da esso risulta che l'attività fitasica massima viene raggiunta dopo 24h. I valori ottenuti confermano la validità generale della teoria di Michaelis.

RIASSUNTO

L'attività fitasica delle radici di alcuni semi sviluppate in acqua e in torba è stata messa in evidenza con una serie di prove in termostato a 45° su soluzioni acetico-acetiche di fitina a pH 4.8, in presenza e in assenza di toluolo. Le radici più attive a parità di peso sono risultate quelle di frumento, seguite da quelle di mais e poi nell'ordine da quelle di avena, lupino e fagiolo.

L'azione di uno stesso peso e uno stesso numero di radici di mais (e presumibilmente di fitasi) è stata seguita su dosi crescenti di fitina al fine di controllare l'andamento della reazione enzimatica.

BIBLIOGRAFIA

1) BALDWIN, E., *Biochimica dinamica.* Boringhieri, 1966.

2) BENDAL, FAY, *Inhibition and Activation of Enzymes.* In Linskens, H. F., Tracey, M.V. Modern Methods of plant Analysis. Vol. VI. Springer-Verfag 1963.

3) CULTRERA, R., *Ricerche sul metabolismo fosforato dei vegetali.* I. Nuovi Annali dell'Agric., 4:619-644, 1937.

4) CULTRERA, R., *Ricerche sul metabolismo fosforato dei vegetali.* II. Esperienze sul frumento. Nuovi Annali dell'Agricoltura, 3-4:303-324, 1938.

5) ESTERMANN, E. F., MCLAREN, A. D., *Contribution of rhizoplane organisms to the total capacity of plants to utilise organic nutrients.* Plant and Soil 15, 243-250. 1961. - Univ. Calif. Berkeley. da Soils and Fertilizers Abs, 2202, 1962.

6) FLAIG, W., SCHMID, G., WAGNER, E. et AL. DIC. *Aufnahme von Phosphor aus Inosithexaphosphat.* Lanw. Forsch. Sonderh, 14, 43-48, 1960. Da Soil and Fertilizers Abs., 2164, 1960.

7) GOODWIN, T. W., *Enzymes of Vitamin Metabolism.* In Linskens, H. F., Sanwal, B. D., Tracey, M. V. Modern Methods of plant Analysis Vol. VII, Springer - Verlag, 1964.

8) HEWITT, E. J., *Sand and water culture Methods used in the study of plant nutrition.* Commonweath Agric. Bureaux - Com. N. 22, 1952.

9) IHOFMANN, ED., *Die Analyse von Enzimen in Boden* in Linskens, H. F., Tracey M. V. Modern Methods of plant Analysis. Vol. VI. Springher - Verlag 1963.

10) JACKMAN, R. H. and BLACK, C. A., *Phytase Activity in Soils,* Soil Sci, 73: 117-125, 1952.

11) KARLSON, P., *Introduction to Modern Biochemistry.* 2ª Ed. Academic Press, 1965.

12) KRISHNAN, Pi S., *Enzymes of Phosphate Metabolism* in Linskens, H. F., Sanwal, B. D., Tracey, M. V. Modern Methods of plant Analysis. Vol. VII, Springer-Verlag 1964.

13) MAROTTA, D., CALÒ, A., *Estrazione e composizione dei prodotti fosforati organici della pula di riso e dei panelli di semi oleosi.* Ann. Chim. Appl. Vol. 22, 12, 763-776, 1932.

14) MYSKOW, W., *The occurence of microorganisms solubilizing phosphorus in the rhizosphere of some crop plants.* Acta microbiol. polon. 10, 93-100, 1961. Dep. Soil Microbiol. Pulawy, Poland. da Soils and Fertilizers Abs., 2187, 1962.

15) PACE, J., *Seed Proteins, Paech, K., Tracey, M. V. Modern methods of plant Analysis.* Vol. IV Springer - Verlag 1955.

16) PRATESI, P., *Sulla presenza delle fosfatasi nelle foglie verdi,* I. Ann. Chim. Applicata Vol. 27, 7:309-320, 1937.

17) PRATESI, P., *Sulla specificità delle fosfatasi delle foglie verdi,* II, Ann. Chim. Applicata Vol. 27, 7:321-328, 1937.

18) ROGERS, H. T., PEARSON, R. W., PIERRE, W. H., *Absorption of organic phosphorus by corn and tomato plants and the mineralizing action of exoenzyme systems of growing roots.* Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 5:285-291, 1940.

19) ROGERS, H. T., PEARSON, R. W., PIERRE, W. H., *The source and prosphatase activity of exsoenzyme systems of corn and tomato rots.* Soil. Sci., 54:353-366, 1942.

20) ROGERS, H. T., *Dephosphorylation of organic phosphorus componuds by soil catalysts.* Soil Sci. 54:439-446, 1942.

21) SZEMBER, A., *Influence on plant growth of the breakdown of organic phosphorus compounds by micro-organisms.* Plant and Soil 13, 147-158, 1960. Da Soil and Fertilizers Abs. 898, 1961.

22) VENNESLAND, B., *Proteins, Enzymes, and the Mechanism of Enzyme Action.* In Plant Physiology Edited by Steward, F. C. Vol. I.A, Academis Press, 1960.

23) VISINTINI RAMANIN, M., *Ricerche sul fosforo dei terreni della Pianura Friulana. L'attività fitasica dei terreni ferrettizzati.* Nuovi Studi Stazione Chim. Agr. Sperim. di Udine, Pubb. n. 62, 1963.